

Агроэкологическая адаптивность сортов твердой пшеницы на Южном Урале

Ю. П. Прядун, Н. Л. Назаренко[✉], Л. П. Шаталина

Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, п. Тимирязевский, Челябинская область, Россия

[✉]E-mail: chniisx2@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – агроэкологическая оценка адаптивности сортов яровой твердой пшеницы на основании данных экологического испытания в условиях Южного Урала. **Методы.** Для исследований использован полевой опыт, заложенный по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур на базе опытного поля ОП «Троицкое» в южной лесостепи Челябинской области в 2022–2024 гг. По методическим рекомендациям выполнена сравнительная оценка наиболее распространенных в данном регионе сортов яровой твердой пшеницы. **Результаты.** Годы проведения исследований были контрастными, отличались засушливостью по фазам развития яровой твердой пшеницы, значения гидротермического коэффициента изменялись от 0,12 до 2,4. Неравномерность выпадения осадков во время вегетации отрицательно отразилась на продуктивности твердой пшеницы. В процессе исследований проведена оценка средней урожайности по годам, агроэкологической адаптированности сортов, относительное значение индекса урожайности сорта, индекс урожайности сортов, индекс условий года, степень отзывчивости сорта, депрессии урожайности сорта. Минимальное значение степени депрессии урожайности зерна твердой пшеницы установлено у сорта Шукшинка (25,6 %). Наибольшее значение степени депрессии установлено у сорта АТП Прима (48 %). В результате расчетов установлена группа агроэкологической приспособленности каждого сорта. Выявлены сорта с высокой степенью агроэкологической адаптивности: Жемчужина Сибири, Шукшинка и Омский циркон. По качеству зерна большое преимущество имеет сорт Лариса янтарная по стекловидности, содержанию белка и клейковины. **Научная новизна.** Впервые по данной методике проведена агроэкологическая оценка сортов яровой твердой пшеницы селекции ФГБУН «Самарский федеральный исследовательский центр РАН», ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», ФГБНУ «Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» рекомендованных для Уральского региона.

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, урожайность, сорт, агроэкологическая адаптивность, качество зерна

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории качества зерна и особо – ведущей лабораторией Л. Д. Громовой. Работа выполнена по теме FNUM-2025-0003 Госзадания плана НИР на 2024–2030 гг. Авторы выражают благодарность рецензентам за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Прядун Ю. П., Назаренко Н. Л., Шаталина Л. П. Экологическая оценка сортов твердой пшеницы на Южном Урале // Аграрный вестник Урала. 2026. Т. 26, № 02. С. 269–277. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-02-269-277>.

Дата поступления статьи: 08.07.2025, **дата рецензирования:** 22.01.2026, **дата принятия:** 23.01.2026.

Agroecological adaptability of durum wheat varieties to the Southern Urals

Yu. P. Pryadun, N. L. Nazarenko✉, L. P. Shatalina

Chelyabinsk Scientific Research Institute of Agricultural Sciences, Timiryazevskiy settlement, Russia

✉E-mail: chniisx2@mail.ru

Агротехнологии

Abstract. The purpose of the study is an agroecological assessment of the adaptability of spring durum wheat varieties based on environmental testing data in the Southern Urals. **Methods.** The research was based on a field experiment conducted according to the methodology of state variety testing of agricultural crops at the Troitskoye experimental field in the southern forest-steppe of the Chelyabinsk region in 2022–2024. A comparative assessment of the most common spring durum wheat varieties in the region was conducted using the methodological recommendations. **Results.** The years of research were contrasting, characterized by aridity in the phases of development of spring durum wheat, the values of the hydrothermal coefficient varied from 0.12 to 2.4. The uneven precipitation during the growing season had a negative impact on the productivity of durum wheat. In the course of the research, the average annual yield, agroecological adaptability of varieties, the relative value of the yield index of the variety, the yield index of varieties, the index of the conditions of the year, the degree of responsiveness of the variety, and the depression of the yield of the variety were evaluated. The minimum value of the degree of depression in the yield of durum millet grain was found in the Shukshinka variety (25.6 %). The highest degree of depression was found in the ATP Prima variety (48 %). As a result of calculations, a group of agroecological adaptability of each variety was established. Varieties with a high degree of agroecological adaptability have been identified: Zhemchuzhina Sibiri, Shukshinka and Omskiy tsirkon. In terms of grain quality, the Larisa amber variety has a great advantage in terms of vitreousness, protein and gluten content. **Scientific novelty.** For the first time, this method was used to assess the agroecological characteristics of spring durum wheat varieties developed by the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, the Omsk Agrarian Research Center, the Federal Altai Research Center for Agribiotechnologies, and the Chelyabinsk Research Institute of Agriculture, which are recommended for the Ural region.

Keywords: variety, spring durum wheat, adaptability, yield, grain quality

Acknowledgements. The authors express their gratitude to the staff of the grain quality laboratory, and especially to the head of the laboratory, L. D. Gromova. This work was carried out under the topic FNUM-2025-0003 of the State Research Plan for 2024–2030. The authors also thank the reviewers for their contributions to the expert evaluation of this study.

For citation: Pryadun Yu. P., Nazarenko N. L., Shatalina L. P. Ecological assessment of durum wheat varieties in the Southern Urals. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2026; 26 (02): 269–277. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-02-269-277>. (In Russ.)

Date of paper submission: 08.07.2025, **date of review:** 22.01.2026, **date of acceptance:** 23.01.2026.

Постановка проблемы (Introduction)

Повышение эффективности производства зерна связано с обеспечением продовольственной безопасности нашей страны. Основой ее является, как известно, производство зерна. Твердая пшеница (*Triticum durum* L.) – основное сырье для производства макаронных изделий и круп. В связи с изменениями климата корректируется адаптация технологий возделывания к условиям с недостатком продуктивной влаги в почве при нарастании температурного режима воздуха. Использование в производстве новых высокоадаптивных сортов и увеличение их площадей обеспечит получение достаточных объемов качественного зерна [1]. На-

метилась тенденция к снижению продуктивности твердой пшеницы, обусловленная нарастанием засушливости периода вегетации [2].

Увеличение урожайности и качества зерна твердой пшеницы в сравнении с бессменным посевом отмечалось при возделывании в шестипольных севооборотах с применением минеральных удобрений [3]. Наибольший уровень рентабельности при возделывании твердой пшеницы выявлен при прямом посеве и внесении аммиачной селитры (282,9–286,9 %), что на 34,6–43,3 % больше, чем в вариантах с традиционной технологией [4].

В формировании урожайности твердой пшеницы в засушливых условиях степной зоны Южного

© Прыдун Ю. П., Назаренко Н. Л., Шаталина Л. П., 2026

Урала большую роль имеют биологические факторы (температура воздуха, выпадающие осадки, сушевые дни, количественное содержание элементов питания почвы и др.) [5].

Подбор родительских сортов рекомендуют осуществлять по наличию генов, отвечающих за эластичность и прочность клейковины [6]. Прочность и кулинарные свойства макарон зависят как от количества клейковины, так и от ее качества, которое определяют такие параметры, как метеоусловия, генотип сорта, а также совместное их влияние [7–9]. До 30 % качества конечной продукции (макарон, круп), получаемой из твердой пшеницы, определяется концентрацией каротиноидных пигментов, накапливаемых в эндосперме и отвечающих за желтый цвет изделий [10].

С целью увеличения доли белка в семенах при создании нового перспективного сорта твердой пшеницы учитывается процесс накопления запасных белков в эндосперме зерновки [11; 12]. По зависимости урожая твердых сортов пшеницы от адаптивных свойств, стабильности и пластичности выявляются наиболее экологически адаптивные образцы [13–15].

Статистическая оценка на основе урожайности является распространенным методом, используемым для характеристики сортов [16–19; 21]. Уже на этапе конкурсного испытания по расчетам депрессии урожайности и относительного индекса урожайности образцов появляется возможность сделать оценку исходного материала [20].

В задачи опыта входили изучение исходного материала для отбора перспективных селекционных линий твердой пшеницы; выделение селекционных линий по показателям агроэкологической адаптивности сортов яровой твердой пшеницы на основании данных экологического испытания в условиях Южного Урала в связи с изменяющимися погодными условиями.

Методология и методы исследования (Methods)

Оценка и анализ реакции сортов яровой твердой пшеницы проведены на основании данных полевого опыта, заложенного на территории землепользования ОП «Троицкое» – филиала ФГБНУ «Челябинский НИИСХ» в 2022 году.

Опыт заложен на участке с характеристикой почвы пахотного слоя: чернозем выщелоченный, с содержанием азота нитратного 25,4 мг/кг, гумуса – 6,56 %, калия обменного – 16,7 мг/кг, фосфора подвижного – 55,8 мг/кг.

Посев проведен селекционной сеялкой СКС 6-10 в трехкратной повторности, площадь делянки – 5 м², размещение рандомизированное.

В качестве стандарта использовался районированный в Челябинской области сорт твердой пшеницы Безенчукская степная. Учет урожая проведен селекционным комбайном «Сампо-130».

Оценка, учеты и наблюдения всего имеющегося материала проводились по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур 1985 года¹ и 1989 года².

Анализ и изучение агробιοлогической адаптивности сортов яровой твердой пшеницы выполнены по методическим рекомендациям, разработанным в НИИИСС – филиале Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук и опубликованным в статьях [2; 20].

Статистическая обработка выполнена с помощью компьютерной программы Snedecor.

Результаты (Results)

Метеоусловия, как известно, являются лимитирующим фактором для формирования продуктивного агроценоза сельскохозяйственных культур. Оценку погодных условий можно отдельно характеризовать по месяцам вегетационного периода по гидротермическому коэффициенту. Гидротермический коэффициент увлажнения (ГТК) рассчитан по Г. Т. Селянинову. Классификация зон увлажнения: ГТК < 0,3 – очень сухая; ГТК = 0,4...0,5 – сухая; ГТК = 0,6...0,7 – засушливая; ГТК = 0,8...1,0 – недостаточного увлажнения; ГТК = 1,0...1,5 – достаточно влажная; ГТК > 1,5 – избыточно влажная. За период исследований 2022 и 2023 годы по ГТК характеризовались за вегетацию как достаточно влажные, 2024 год – избыточно влажный (таблица 1).

Благоприятные условия для всходов твердой пшеницы сложились в мае 2022 года, превысив норму в 2,1 раза. Засушливыми условиями отличались июнь – сентябрь 2022 года, май – июль 2023 года. Особенно засушливым было начало вегетации 2023 года. Неблагоприятный режим увлажнения в начале вегетации 2023 года с осадками в 6 мм сменился в августе рекордным выпадением осадков 129 мм, что превысило метеорологическую норму в 2,7 раза. В 2024 году сложились более благоприятные условия для формирования агроценоза яровой твердой пшеницы, особенно переувлажнение отмечено в июле: на 50 мм (или в 1,8 раза) по сравнению с метеорологической нормой. В целом проведение опытов по метеоусловиям были достаточно благоприятным для формирования продуктивности твердой пшеницы.

Для проведения опытов использованы сорта яровой твердой пшеницы селекции ФГБНУ «Самарский федеральный исследовательский центр РАН», ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий», ФГБНУ «Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» (таблица 2).

¹ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып.: Общая часть / Под общ. ред. М. А. Федина. Москва: Б. и., 1985. 267 с.

² Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2: Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. Москва: Б. и., 1989. 194 с.

Таблица 1
Гидротермический коэффициент за май – сентябрь за 2022–2024 гг.

Месяцы	Гидротермический коэффициент по годам		
	2022	2023	2024
За май – сентябрь	1,32	1,12	1,71
В том числе за май	2,14	0,12	1,50
июнь	0,69	0,88	1,00
июль	0,54	0,69	1,79
август	0,22	2,40	1,25
сентябрь	0,33	1,28	0,14

Table 1
Hydrothermal coefficient for May – September for 2022–2024

Months	Hydrothermal coefficient by year		
	2022	2023	2024
For May – September	1.32	1.12	1.71
Including for May	2.14	0.12	1.50
June	0.69	0.88	1.00
July	0.54	0.69	1.79
August	0.22	2.40	1.25
September	0.33	1.28	0.14

Таблица 2
Урожайность сортов яровой твердой пшеницы
(ОП «Троицкое», предшественник – пар, 2022–2024 гг.), т/га

Название сорта	Год/ГТК			Среднее	Индекс урожайности сорта, т/га
	2022 1,32	2023 1,12	2024 1,71		
Безенчукская степная (ст.)	3,03	2,47	4,07	3,20	–0,06
Жемчужина Сибири	3,27	2,95	4,37	3,53	0,28
Омский циркон	3,36	2,84	4,17	3,45	0,20
Омский лазурит	3,00	3,71	2,37	3,02	–0,23
Оазис	3,13	3,75	2,39	3,08	–0,17
Памяти Янченко	3,45	2,67	3,84	3,32	0,07
Шукшинка	3,08	3,41	4,14	3,54	0,29
АТП Прима	2,82	4,48	2,33	3,21	–0,04
Лариса янтарная	2,87	2,31	3,57	2,91	–0,34
Средняя	3,11	3,17	3,47	3,25	0,0
НСР ₀₅	0,23	0,27	0,28	–	–
Индекс условий года, т/га	–0,14	–0,08	0,22	0,00	–

Table 2
Yield of spring durum wheat varieties
(Troitskoe industrial complex, predecessor of steam, 2022–2024), t/ha

Name of the variety	Year/HTC			Average	The yield index of the variety, tons per 1 ha
	2022 1,32	2023 1,12	2024 1,71		
Bezenchukskaya stepnaya (st.)	3.03	2.47	4.07	3.20	–0.06
Zhemchuzhina Sibiri	3.27	2.95	4.37	3.53	0.28
Omskiy tsirkon	3.36	2.84	4.17	3.45	0.20
Omskiy lazurit	3.00	3.71	2.37	3.02	–0.23
Oazis	3.13	3.75	2.39	3.08	–0.17
Pamyati Yanchenko	3.45	2.67	3.84	3.32	0.07
Shukshinka	3.08	3.41	4.14	3.54	0.29
ATP Prima	2.82	4.48	2.33	3.21	–0.04
Larisa yantarnaya	2.87	2.31	3.57	2.91	–0.34
Average	3.11	3.17	3.47	3.25	0.0
LCD ₀₅	0.23	0.27	0.28	–	–
Index of the conditions of the year, t/ha	–0.14	–0.08	0.22	0.00	–

Таблица 3
Параметры агроэкологической адаптированности сорта (DAA)
 (%), ранг и степень адаптивности

Название сорта	Составляющие показатели			DAA		Степень адаптированности
	I_p , %	R_p , %	D_p , %	%	Ранг	
Безенчукская степная (ст.)	-1,5	26,8	-39,3	-14,1	6	Средняя
Жемчужина Сибири	8,6	25,8	-32,5	2,0	1	Высокая
Омский циркон	6,5	21,8	-31,9	-3,6	3	Высокая
Омский лазурит	-6,8	20,9	-36,1	-22,0	8	Низкая
Оазис	-4,9	20,3	-36,3	-20,9	7	Низкая
Памяти Янченко	2,2	16,0	-30,5	-12,3	5	Средняя
Шукшинка	8,9	18,5	-25,6	1,8	2	Высокая
АТП Прима	-1,2	39,1	-48,0	-10,1	4	Средняя
Лариса янтарная	-10,2	20,0	-35,3	-25,5	9	Низкая

Примечание. I_p , % – относительный индекс урожайности сорта; R_p , % – степень отзывчивости сорта; D_p , % – степень депрессии урожайности сорта; DAA – степень агроэкологической адаптированности сорта.

Table 3
Parameters of agroecological adaptability of the variety (DAA) (%), rank and degree of adaptability

Name of the variety	Component indicators			DAA		Degree of adaptability
	I_p , %	R_p , %	D_p , %	%	Rank	
Bezenchukskaya stepnaya (st.)	-1.5	26.8	-39.3	-14.1	6	Average
Zhemchuzhina Sibiri	8.6	25.8	-32.5	2.0	1	High
Omskiy tsirkon	6.5	21.8	-31.9	-3.6	3	High
Omskiy lazurit	-6.8	20.9	-36.1	-22.0	8	Low
Oazis	-4.9	20.3	-36.3	-20.9	7	Low
Pamyati Yanchenko	2.2	16.0	-30.5	-12.3	5	Average
Shukshinka	8.9	18.5	-25.6	1.8	2	High
ATP Prima	-1.2	39.1	-48.0	-10.1	4	Average
Larisa yantarnaya	-10.2	20.0	-35.3	-25.5	9	Low

Note. I_p , % – the cultivar's relative yield index; R_p , % – the cultivar's responsiveness degree; D_p , % – the cultivar's yield depression degree; DAA – the cultivar's agroecological adaptability degree.

Средняя урожайность по годам исследований изменялась от 3,11 до 3,47 т/га. Максимальный индекс урожайности сорта показали сорта Шукшинка и Жемчужина Сибири: 0,29 и 0,28 т с 1 га, или 8,9 % и 8,6 %. Положительный индекс сорта имел сорт Омский циркон: 0,20 т с 1 га, или 6,5 %. Отрицательный индекс урожайности показал сорт Лариса янтарная (-0,34 т с 1 га, или 10,1 %) и Омский лазурит (-0,23 т с 1 га, или 6,8 %). Остальные сорта имели незначительные индексы по данному показателю. Преимущество по индексу «условия года» показал избыточно влажный 2024 год (0,22 т с 1 га, или 6,8 %), наиболее отрицательный индекс года отмечен в 2022 году (-0,14 т с 1 га, или 4,3 %), в 2023 году (-0,08 т с 1 га, или 2,5 %).

Наибольший относительный индекс урожайности сортов Шукшинка ($I_i = 8,9$ %) и Жемчужина Сибири ($I_i = 8,6$ %) также положительный, но значительно меньший индекс у сортов Омский циркон и Памяти Янченко (таблица 3). Следовательно, эти два сорта в анализируемых условиях выше среднего значения опыта. Сорта Лариса янтарная и Омский лазурит уступают среднему значению опыта на 10,2 % и 6,8 % соответственно. Низкие отрицатель-

ные относительные индексы урожайности в изучаемом наборе у сортов Безенчукская степная (-1,5 %), АТП Прима (-1,2 %), Оазис (-4,9 %). Большинство сортов из набора изучаемых находятся в интервале степени депрессивности от 30,5 до 39,3 %.

Параметр отзывчивости R_i сорта показывает адаптивность и пластичность, а также приспособленность к определенным агроэкологическим условиям среды. По степени отзывчивости на благоприятные условия индексы у сортов изменялись от самой высокой (39,1 %) у сорта АТП Прима до самой низкой у сортов Памяти Янченко (16,0 %) и Шукшинка (18,5 %). Сорт АТП Прима при улучшении погодных и агротехнологических условий способен увеличить продуктивность зерна твердой пшеницы относительно средней продуктивности всех сортов на 39,1 %, а сорта Шукшинка и Памяти Янченко – на 18 и 16,0 % соответственно.

К неблагоприятным факторам среды можно отнести степень обеспеченности вегетационного периода атмосферными осадками, проявления абиотического и биотического стресса. Одним из таких показателей стресса может быть депрессия урожайности зерна на неблагоприятные факто-

ры – как отдельные, так и во взаимодействии. По степени депрессии урожайности зерна (D_p , %) твердой пшеницы минимальное значение у сорта Шукшинка (25,6 %), наибольшее – у сорта АТП Прима (48,0 %).

Показатели степени агроэкологической адаптивности (DAA) в исследуемой группе генотипов сортов находятся в интервале значений от 25,5 % до 2,0 %. Наибольшая степень отмечена у сорта Жемчужина Сибири (2,0 %). Для ранжирования по этому показателю используем значения DAA каждого сорта по степени приспособленности к последствиям экстремальных изменений условий среды.

Оценка генотипов было выполнена распределением изучаемых форм на три группы:

- 1 – сорта с высокой степенью адаптированности к условиям среды;
- 2 – со средней степенью;
- 3 – с низкой степенью адаптированности.

Интервал для первой группы начинается с максимално полученного в исследованиях значения (+2,0), следовательно, при делении на три группы каждый интервал будет включать 9,2 единицы. Интервал для первой группы начинается с 2,0, для второй группы – с –7,2, для третьей группы – с –16,4. Выделились в первую группу с высокой степенью агроэкологической адаптивности сорта твердой пшеницы Жемчужина Сибири, Шукшинка и Омский циркон; во вторую группу со средней степенью адаптивности – Безенчукская степная, Памяти Янченко и АТП Прима. Самая низкая степень агроэкологической адаптивности установлена у сортов из изучаемого набора Омский лазурит, Оазис и Лариса янтарная.

Оценка параметров агроэкологической адаптированности сортов в контрастных условиях среды позволила выявить сорта твердой пшеницы с высокой степенью адаптированности.

Таблица 4
Результаты экологического испытания сортов яровой твердой пшеницы ОП «Троицкое», паровой предшественник, среднее за 2022–2024 гг.

Название сорта	Урожай зерна, т/га	Стекловидность, %	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Содержание белка в зерне, %	Клейковина	
						Содержание, %	Группа ИДК
Безенчукская степная (ст.)	3,19	74	44,6	772	14,87	27,47	92-II
Жемчужина Сибири	3,53	70	40,2	782	15,11	28,27	104-III
Омский циркон	3,46	71	43,4	770	13,59	27,83	104-III
Омский лазурит	3,03	75	37,6	790	12,42	23,29	93-II
Оазис	3,09	75	44,3	773	13,86	26,37	99 II
Памяти Янченко	3,32	77	43,1	776	14,28	27,87	95-II
Шукшинка	3,54	77	42,2	782	15,35	29,10	90-II
АТП Прима	3,21	75	38,8	767	14,36	26,14	95-II
Лариса янтарная	2,92	78	42,3	771	17,40	34,50	99-II

Table 4
Results of ecological testing of spring durum wheat varieties of the Troitskoe plant, steam predecessor, average 2022–2024

Name of the variety	Grain yield, t/ha	Glassiness, %	Weight of 1000 grains, g	Grain size, g/l	Protein content in grain, %	Gluten	
						Content, %	IDK group
Bezenchukskaya stepnaya (st.)	3.19	74	44.6	772	14.87	27.47	92-II
Zhemchuzhina Sibiri	3.53	70	40.2	782	15.11	28.27	104-III
Omskiy tsirkon	3.46	71	43.4	770	13.59	27.83	104-III
Omskiy lazurit	3.03	75	37.6	790	12.42	23.29	93-II
Oazis	3.09	75	44.3	773	13.86	26.37	99 II
Pamyati Yanchenko	3.32	77	43.1	776	14.28	27.87	95-II
Shukshinka	3.54	77	42.2	782	15.35	29.10	90-II
ATP Prima	3.21	75	38.8	767	14.36	26.14	95-II
Larisa yantarnaya	2.92	78	42.3	771	17.40	34.50	99-II

При создании новых сортов селекционеры, каким бы урожайным ни был сорт, стремятся к получению зерна твердой пшеницы с высоким качеством. В этой связи при экологических испытаниях проводится оценка качества зерна изучаемых сортов твердой пшеницы (таблица 4).

Из набора изучаемых сортов по максимальной агроэкологической адаптивности выделились сорта Шукшинка, Жемчужина Сибири, Омский циркон. Однако сорт твердой пшеницы Лариса янтарная селекции ФГБНУ «Челябинский НИИСХ», уступая по урожайности 0,6 т/га, имеет большое преимущество по стекловидности, содержанию белка и клейковины. Следовательно, при подборе исходного селекционного материала и отбора сортов можно учитывать положительные и отрицательные факторы на этапе конкурсного испытания.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В связи с изменяющимися климатическими условиями производство зерна требует более тщательного подхода к решению проблемы продовольственной безопасности нашей страны. Сельхозпроизводителям приходится корректировать агротехнологии возделывания культур с учетом резких

колебаний температур и выпадения осадков. Выведение новых сортов и увеличение площадей под сортами, устойчивыми к экстремальным условиям среды, способствует стабильному производству зерна твердой пшеницы. Агроэкологическая оценка сортов твердой пшеницы оптимизирует структуру сортовых посевов, дает объективную информацию о потенциальной продуктивности и адаптивности к микроклимату и почвенным условиям территории.

Метеоусловия в годы проведения исследований по экологической оценке сортов твердой пшеницы отличались по количеству выпавших атмосферных осадков, по фазам вегетации культуры, по температурному режиму в период вегетации.

Урожайность твердой пшеницы изменялась от 4,48 до 2,31 т/га, что дает основание говорить об экстремальных условиях в период вегетации в зоне возделывания.

По результатам исследований выявлены сорта твердой пшеницы с высокой степенью адаптированности Шукшинка, Жемчужина Сибири, Омский циркон, которые в дальнейшем могут быть использованы в селекции в качестве источников, приспособленных к условиям Уральского региона.

Библиографический список

1. Бесалиев И. Н. Экологическая оценка сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в зоне южных черноземов Оренбургского Предуралья // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 12. С. 1576–1585. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-12-1576-1585.
2. Бесалиев И. Н., Мироненко С. И. Урожайность и качество зерна яровой твердой пшеницы в условиях Оренбургского Предуралья // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 4. С. 324–336. DOI: 10.33284/2658-3135-107-4-324.
3. Скороходов В. Ю., Зоров А. А., Максюттов Н. А. [и др.] Возделывание яровой твердой пшеницы в условиях неустойчивого увлажнения Оренбургского Предуралья // Земледелие. 2022. № 1. С. 19–22. DOI: 10.24412/00443913-2022-1-19-22.
4. Горянин О. И., Щербинина Е. В., Джангабаев Б. Ж. Оптимизация сортовых технологий яровой твердой пшеницы в черноземной степи Поволжья // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 3. С. 10–15. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_3_10.
5. Скороходов В. Ю., Кафтан Ю. В., Митрофанов Д. В., Максюттов Н. А. Влияние биологических факторов на продуктивность твердой пшеницы в условиях степной зоны Южного Урала // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 3. С. 239–249. DOI: 10.33284/2658-3135-106-3-239.
6. Мальчиков П. Н., Мясникова М. Г., Чахеева Т. В. Качество клейковины сортов твердой пшеницы сарматской селекции и сортов из Италии и Австралии // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35, № 9. С. 25–30. DOI: 10.53859/02352451_2021_35_9_25.
7. Koga S., Aamot H. U., Uhlen A. K., et al. Environmental factors associated with glutenin polymer assembly during grain maturation // Journal of Cereal Science. 2019. Vol. 91. DOI: 10.1016/j.jcs.2019.102865.
8. Gagliardi A., Carucci F., Masci S., et al. Effects of genotype, growing season and nitrogen level on gluten protein assembly of durum wheat grown under Mediterranean conditions // Agronomy. 2020. Vol. 10, No. 5. Pp. 755–766. DOI: 10.3390/agronomy10050755.
9. Мальчиков П. Н., Чахеева Т. В., Мясникова М. Г. Исходный материал яровой твердой пшеницы для селекции сортов устойчивых к патогенам, вызывающим почернение зародыша зерна // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 5. С. 13–18. DOI: 10.31857/S2500262722050039.
10. Коробкова В. А., Беспалова Л. А., Яновский А. С. [и др.] Скрининг коллекции яровой и озимой твердой пшеницы с помощью KASP-маркера на аллельное состояние гена Zds // Кормопроизводство. 2023. № 4. С. 25–31. DOI: 10.25685/krm.2023.4.2023.004.
11. Налетов И. В., Заяц В. С. Активность различных форм белка мутантных образцов яровой пшеницы твердой *Triticum durum* Desf. // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3. С. 139–141.

12. Жиганова Е. С., Гапонов С. Н., Садыгова М. К. [и др.] Исследование оптимального соотношения мягкой и твердой пшеницы в рецептуре макаронных изделий // *Хлебопродукты*. 2024. № 4. С. 42–48. DOI: 10.32462/0235-2508-2024-33-4-42-48.
13. Новикова А. А., Пустовалова А. А., Емельянова А. А. [и др.] Результаты исследования свойств стабильности и пластичности твердых сортов пшеницы Оренбургской области // *Животноводство и кормопроизводство*. 2022. Т. 105, № 4. С. 246–257. DOI: 10.33284/2658-3135-105-4-246.
14. Гречишкина О. С., Хутамбирдина Р. Д., Мордвинцев М. П. Величина и структура урожая зерна сортов яровой мягкой пшеницы в условиях засухи разного типа // *Животноводство и кормопроизводство*. 2021. Т. 104, № 4. С. 217–232. DOI: 10.33284/2658-3135-104-4-217.
15. Мухитов Л. А., Тимошенкова Т. А. Сорта яровой твердой пшеницы, адаптированные к условиям степи Уральского региона // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021. № 3 (89). С. 15–19. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-89-3-15-19.
16. Li L., Wang B., Fang P., Liu D. L., Qinsi H., et al. Developing machine learning models with multi-source environmental data to predict wheat yield in China // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022. Vol. 194. Article number 106790. DOI: 10.1016/j.compag.2022.106790.
17. Cai Y., Guan K., Lobell D., Potgieter A. B., et al. Integrating satellite and climate data to predict wheat yield in Australia using machine-learning approaches // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2019. Vol. 274. Pp. 144–159. DOI: 10.1016/j.agrformet. 2019.03.010.
18. Feng P., Wang B., Liu D L., Waters C., et al. Dynamic wheat yield forecasts are improved by a hybrid approach using a biophysical model and machine learning technique // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2020. Vol. 285–286. Article number 107922. DOI: 10.1016/j.agrformet.2020.107922.
19. Nan Gu, Zhang J., Wang G., Liu C., Wang Z., Lü H. An atmospheric and soil thermal-based wheat crop coefficient method using additive crop growth models *Agricultural Water Management*. 2022. Vol. 269. Article number 107691. DOI: 10.1016/j.agwat.2022.107691.
20. Кинчаров А. И., Демина Е. А., Кинчарова М. Н. [и др.] Методика оценки агроэкологической адаптированности генотипов в условиях глобального потепления климата // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022. Т. 183, № 4. С. 39–47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-39-47.
21. Прядун Ю. П., Совков Н. Н., Лопухов П. М. [и др.] Оценка коллекции твердой пшеницы в экологическом испытании // *Вопросы степеведения*. 2022. № 4. С. 118–126. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-4-118-126.

Об авторах:

Юрий Петрович Прядун, кандидат сельскохозяйственных наук, и. о. заведующего лабораторией селекции ячменя, Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, п. Тимирязевский, Челябинская область, Россия; ORCID 0000-0003-3623-1110, AuthorID 966322. *E-mail: yuriy.pryadun@mail.ru*

Наталья Леонидовна Назаренко, младший научный сотрудник, лаборатории селекции ячменя, Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, п. Тимирязевский, Челябинская область, Россия; ORCID 0009-0003-6498-4774 *E-mail: chniisx2@mail.ru*

Любовь Петровна Шаталина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, п. Тимирязевский, Челябинская область, Россия; ORCID 0000-0002-8651-5288, AuthorID 618148. *E-mail: lubashatalina@mail.ru*

References

1. Besaliev I. N. Ecological assessment of spring soft and durum wheat varieties in the zone of southern chernozems of the Orenburg Cis-Urals. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (12): 1576–1585. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-12-1576-1585. (In Russ.)
2. Besaliev I. N., Mironenko S. I. Yield and grain quality of spring durum wheat in the conditions of the Orenburg Cis-Urals. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024; 107 (4): 324–336. DOI: 10.33284/2658-3135-107-4-324. (In Russ.)
3. Skorokhodov V. Yu., Zorov A. A., Maksyutov N. A., et al. Cultivation of spring durum wheat under conditions of unstable moistening of the Orenburg region. *Agriculture*. 2022; 1: 19–22. DOI: 10.24412/00443913-2022-1-19-22. (In Russ.)
4. Goryanin O. I., Shcherbinina E. V., Dzhangabaev B. Zh. Optimization of varietal technologies of spring durum wheat in the chernozem steppe of the Volga region. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2023; 37 (3): 10–15. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_3_10. (In Russ.)
5. Skorokhodov V. Yu., Kaftan Yu. V., Mitrofanov D. V., Maksyutov N. A. The influence of biological factors on the productivity of durum wheat in the conditions of the steppe zone of the Southern Urals. *Animal Husbandry and Feed Production*. 2023; 106 (3): 239–249. DOI: 10.33284/2658-3135-106-3-239. (In Russ.)

6. Mal'chikov P. N., Myasnikova M. G., Chakheeva T. V. Gluten quality in durum wheat varieties bred in the Samara region and varieties from Italy and Australia. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2021; 35 (9): 25–30. DOI: 10.53859/02352451_2021_35_9_25. (In Russ.)
7. Koga S., Aamot H. U., Uhlen A. K., et al. Environmental factors associated with glutenin polymer assembly during grain maturation. *Journal of Cereal Science*. 2019; 91. DOI: 10.1016/j.jcs.2019.102865.
8. Gagliardi A., Carucci F., Masci S., et al. Effects of genotype, growing season and nitrogen level on gluten protein assembly of durum wheat grown under mediterranean conditions. *Agronomy*. 2020; 10 (5): 755–766. DOI: 10.3390/agronomy10050755.
9. Mal'chikov P. N., Chakheeva T. V., Myasnikova M. G. Source material of spring durum wheat for breeding varieties resistant to pathogens that cause blackening of the grain germ. *Russian Agricultural Science*. 2022; 5: 13–18. DOI: 10.31857/S2500262722050039. (In Russ.)
10. Korobkova V. A., Bepalova L. A., Yanovskiy A. S., et al. Screening the collection of spring and winter durum wheat using KASP-marker specific to the Zds alleles. *Forage Production*. 2023; 4: 25–31. DOI: 10.25685/krm.2023.4.2023.004. (In Russ.)
11. Naletov I. V., Zayats V. S. Activity of various forms of protein in mutant samples of durum spring wheat *Triticum durum* desf. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2023; 3: 139–141. (In Russ.)
12. Zhiganova E. S., Gaponov S. N., Sadygova M. K., et al. Investigation of the optimal ratio of aestivum and durum wheat in the pasta recipe. *Bread Products*. 2024; 4: 42–48. DOI: 10.32462/0235-2508-2024-33-4-42-48. (In Russ.)
13. Novikova A. A., Pustovalova A. A., Emelyanova A. A., et al. The results of the properties test of stability and plasticity in durum wheat of Orenburg region. *Animal Husbandry and Feed Production*. 2022; 105 (4): 246–257. DOI: 10.33284/2658-3135-105-4-246. (In Russ.)
14. Grechishkina O. S., Khutambirdina R. D., Mordvintsev M. P. Amount and structure of grain yield of spring soft wheat varieties in various types of drought conditions. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021; 104 (4): 217–232. DOI: 10.33284/2658-3135-104-4-217. (In Russ.)
15. Mukhitov L. A., Timoshenkova T. A. Varieties of spring durum wheat adapted to the conditions of the steppe of the Ural region. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021; 3 (89): 15–19. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-89-3-15-19. (In Russ.)
16. Li L., Wang B., Fang P., Liu D. L., Qinsi H., et al. Developing machine learning models with multi-source environmental data to predict wheat yield in China. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022; 194: 106790. DOI: 10.1016/j.compag.2022.106790.
17. Cai Y., Guan K., Lobell D., Potgieter A. B., et al. Integrating satellite and climate data to predict wheat yield in Australia using machine-learning approaches. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2019; 274: 144–159. DOI: 10.1016/j.agrformet.2019.03.010.
18. Feng P., Wang B., Liu D. L., Waters C. et al. Dynamic wheat yield forecasts are improved by a hybrid approach using a biophysical model and machine learning technique. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2020; 285-286: 107922. DOI: 10.1016/j.agrformet.2020.107922.
19. Nan Gu, Zhang J., Wang G., Liu C., Wang Z., Lü H. An atmospheric and soil thermal-based wheat crop coefficient method using additive crop growth models *Agricultural Water Management*. 2022; 269: 107691. DOI: 10.1016/j.agwat.2022.107691.
20. Kincharov A. I., Demina E. A., Kincharova M. N., et al. Methodology for assessing the agroecological adaptability of genotypes under global climate warming *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2022; 183 (4): 39–47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-39-47. (In Russ.)
21. Pryadun Yu. P., Sovkov N. N., Lopukhov P. M., et al. An estimation of the durum wheat collection in ecological testing. *Questions of Steppe Studies*. 2022; 4: 118–126. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-4-118-126. (In Russ.)

Authors' information:

Yuriy P. Pryadun, candidate of agricultural sciences, deputy director for innovation, head of the laboratory of barley breeding, Chelyabinsk Scientific Research Institute of Agriculture, Timiryazevskiy settlement, Chelyabinsk region, Russia; ORCID 0000-0003-3623-1110, AuthorID 966322. *E-mail: yuriy.pryadun@mail.ru*

Natalya L. Nazarenko, junior researcher, laboratory of barley breeding, Chelyabinsk Scientific Research Institute of Agriculture, Timiryazevskiy settlement, Chelyabinsk region, Russia; ORCID 0009-0003-6498-4774, *E-mail: chniisx2@mail.ru*

Lyubov P. Shatalina, candidate of agricultural sciences, senior researcher, Federal Chelyabinsk Scientific Research Institute of Agriculture, Timiryazevskiy settlement, Chelyabinsk region, Russia; ORCID 0000-0002-8651-5288, AuthorID 618148. *E-mail: lubashatalina@mail.ru*